

УДК 574.587(262.81):576.3/7

А.Н. Анурьева \*

Канд. геогр. наук Т.Я. Лопарева \*

**КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ БИОМАССЫ КОРМОВЫХ ОРГАНИЗМОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БИОТЫ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ В ОЗЕРЕ БАЛХАШ****Сообщение 1. Влияние загрязнения донных отложений микроэлементами на количественное развитие бентосных сообществ***КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ, ЗООБЕНТОС, БИОМАССА, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ*

*В статье представлены сведения о корреляционной зависимости биомассы бентосных сообществ оз. Балхаш от загрязнения донного субстрата тяжелыми металлами. По результатам исследований сделан вывод о том, что качественный состав и количественное развитие бентофауны зависят от воздействия антропогенного загрязнения биотопов микроэлементами и от естественного состояния биоценозов (гранулометрического состава грунтов и наличия органики в них).*

Озеро Балхаш относится к крупнейшим водоемам Казахстана, а по объему водной массы занимает второе место после оз. Байкал.

Увеличение масштабов и интенсивности антропогенного воздействия на экосистему озера вызывает необходимость изменения уровня устойчивости природного комплекса, в частности, кормовых организмов, и их способность к адаптации. В результате разной толерантности бентосных беспозвоночных к условиям загрязнения тяжелыми металлами, качественные и количественные показатели водных сообществ подвержены значительным флуктуациям. Поэтому проводимые исследования по выявлению антропогенного воздействия на кормовую базу рыб озера являются актуальными.

Токсикологический облик оз. Балхаш определяется тяжелыми металлами, поступающими по рекам с осадками, а также с выбросами промышленных предприятий, основная доля которых приходится на Балхаш-

---

\* Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, г. Балхаш

ский металлургический комплекс. Вступая во взаимодействие с грунтами, микроэлементы оказывают существенное влияние на интенсивность развития донной фауны.

Бентосные организмы являются основной кормовой базой для промысловых рыб бентофагов (сазан, лещ, вобла) оз. Балхаш. Качественные и количественные показатели зообентоса величины непостоянные и широко варьируют в зависимости от естественных и антропогенных факторов.

Наличие в донных отложениях тяжелых металлов влияет на развитие кормовых организмов. Присутствие биофильных металлов (медь, цинк) до определенных (пороговых) концентраций благоприятно сказывается на развитии гидробионтов. Однако их превышение ведет к угнетению жизненных процессов. Наличие других металлов (ксенобиотиков), таких как кадмий, свинец, уже в небольших концентрациях негативно отражается на жизнедеятельности бентоса. Кормовые организмы, характеризующиеся повышенным уровнем накопления металлов, имеют низкую биомассу.

В данной статье представлена характеристика зависимости биомассы бентосных сообществ от загрязнения их среды обитания – донного субстрата тяжелыми металлами. На основании многолетних мониторинговых исследований выполнена статистическая обработка полученных результатов, определено наличие корреляционной связи между биомассой и суммарным содержанием микроэлементов в донных отложениях, а также выделены отдельные компоненты, оказывающие доминирующую роль на видовой состав и количественное развитие кормовых организмов.

Цель работы заключается в исследовании степени зависимости количественного развития доминирующих видов бентосных беспозвоночных оз. Балхаш от загрязнения их среды обитания.

Материалом для статьи послужили результаты многолетних исследований в пространственно-временном аспекте (2006...2014 гг.) качественного и количественного состава бентосных организмов, а также накопления микроэлементов в среде обитания.

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программы Microsoft Office Excel.

Отбор и обработку проб кормовых организмов, а также расчет биомассы зообентоса проводили в соответствии с общепринятой методикой [6].

Пробы на микроэлементы в донных отложениях и бентонтах обрабатывались атомно-абсорбционным методом [7].

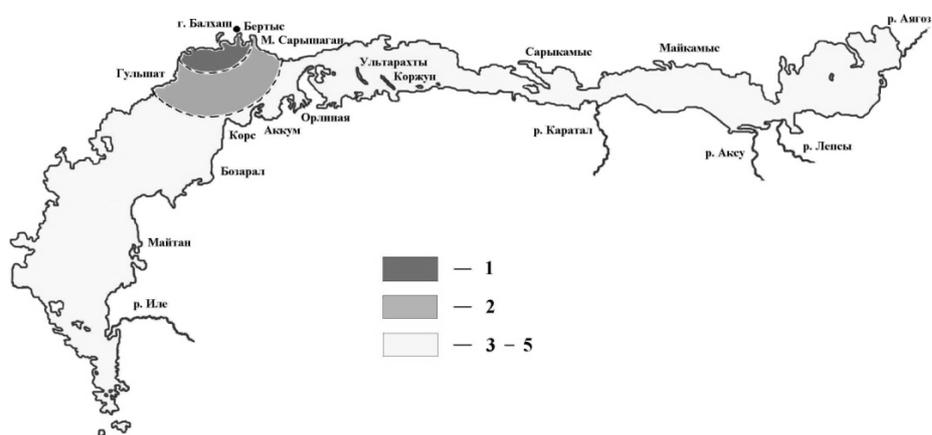
Результаты исследований нашли отражение в ряде публикаций [1-5].

Метод статистической обработки является способом информации для характеристики процесса количественного развития (биомасса) зообентоса и наблюдаемых его флуктуаций от отдельных естественных и антропогенных составляющих среды обитания.

В результате статистического анализа выявлено, что между биомассой бентонтов и количеством тяжелых металлов в донных отложениях существует корреляционная зависимость с широким диапазоном тесноты связи, определяемой коэффициентом корреляции.

Величины коэффициентов корреляции существенно различаются по акватории оз. Балхаш в районах с естественным режимом функционирования бентосных организмов и при выраженном антропогенном воздействии на среду обитания.

По степени корреляции на оз. Балхаш выделено пять акваториальных зон, отличающихся друг от друга видовым составом, биомассой кормовых организмов, а также количественным содержанием металлов в донном субстрате (рис. 1).



*Рис. 1. Акваториальные зоны загрязнения оз. Балхаш. 1 – зона сильного загрязнения, 2 – зона умеренного загрязнения, 3...5 – зоны слабого загрязнения.*

В результате экспериментальных исследований определена площадь загрязнения биоты озера воздушными выбросами Балхашского комплекса, составляющая около 3453 км<sup>2</sup>. Ареал полихет и хирономид с повышенным содержанием тяжелых металлов простирается в юго-западном направлении до 45 км, в юго-восточном – до 59 км и в южном – до 52 км с общей площадью 2100 км<sup>2</sup>.

Выявлена значительная отрицательная корреляция между биомассой и загрязнением грунтов. Снижение биомассы зообентоса коррелирует с повышением содержания загрязнения. Количественное развитие бентоса имеет обратную зависимость – высокое содержание микроэлементов – низкая биомасса бентонтов.

К зонам наибольшего загрязнения донных отложений микроэлементами относятся 1-ая и 2-ая зоны. Они включают бухту Бертыс и залив Торангалык, расположенные на расстоянии 3,4 км и 7,1 км от Балхашского промышленного комплекса и имеют аномально высокие значения концентрации металлов (рис. 2).

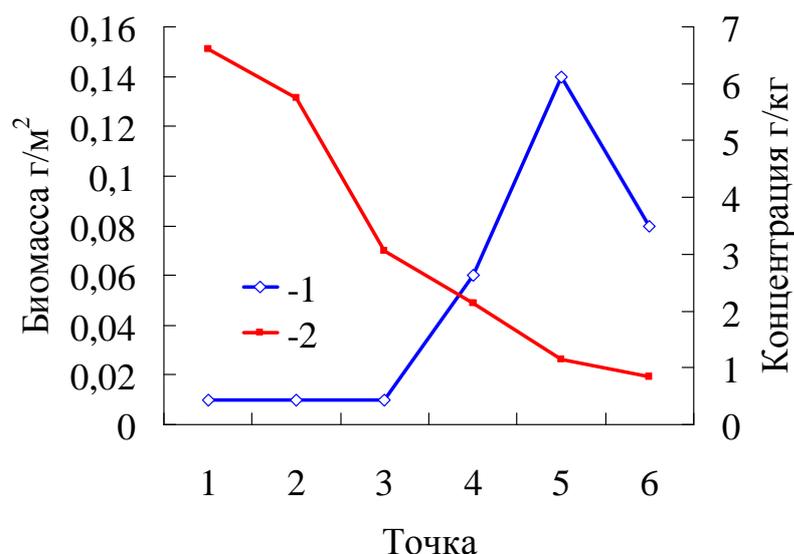


Рис. 2. Зависимость биомассы (1) зообентоса от загрязнения грунта тяжелыми металлами (2), (1 и 2 зоны).

Суммарное содержание микроэлементов в донном субстрате бухты Бертыс варьирует в интервале 0,85...6,61 г/кг. Биомасса бентоса в самой бухте находится практически на нуле, но в более отдаленных районах, где донные отложения представлены илистыми песками, в которых не происходит значительного накопления микроэлементов, биомасса бентонтов возрастает до 0,06 г/м<sup>2</sup>. В районе, где содержание тяжелых металлов снижается до 0,85...1,15 г/кг, биомасса бентосных организмов повышается до 0,08...0,14 г/м<sup>2</sup>.

Значительному загрязнению воздушными выбросами подвергается также залив Торангалык. Содержание тяжелых металлов в субстрате ко-

леблется в пределах 0,57...1,42 г/кг, что ведет к выпадению из состава зообентоса некоторых видов. В загрязненных грунтах встречаются только устойчивые к токсикантам мелкие черви – олигохеты с биомассой 0,02 г/м<sup>2</sup>. По мере удаления от литоральной зоны залива наблюдается усиленный водообмен под действием ветровой деятельности, вследствие чего происходит снижение содержания микроэлементов до 0,11 г/кг. Бентофауна пополняется личинками насекомых (хируномиды) и высшими ракообразными (корофииды). Биомасса их составляет 0,24 г/м<sup>2</sup>.

Для данных зон загрязнения характерна тесная отрицательная корреляционная связь с коэффициентом корреляции в пределах -0,76...-0,80. Доминирующими металлами, влияющими на количественное развитие бентонтов, являются медь, цинк и свинец с коэффициентами корреляции -0,70...-0,83. Слабая корреляционная зависимость характерна для кадмия  $r = -0,39...-0,63$ .

В 3-ей и 4-ой зонах, удаленных от источника загрязнения в юго-восточном и западном направлениях, содержание тяжелых металлов в субстрате снижается до 0,08...0,10 г/кг. Донная фауна обогащается еще двумя видовыми группами: червями (полихеты) и двустворчатым моллюском цветная монодакна. Параллельно этому возрастает биомасса бентонтов до 0,80...1,86 г/м<sup>2</sup>. Несмотря на то, что величины биомассы еще невысокие, однако в десятки раз выше, чем на акватории, находящейся в зоне прямого техногенного воздействия. Количественное развитие зообентоса имеет также обратную зависимость от загрязнения биоценозов микроэлементами, но значительно слабее, в связи с чем, коэффициент корреляции варьирует в интервале -0,14...-0,36.

5-ая зона распространяется на запад и на восток от зоны загрязнения. В этих районах оз. Балхаш, не подверженных влиянию промышленного комплекса (при содержании тяжелых металлов в донных отложениях в пределах 0,05...0,10 г/кг), зависимость биомассы бентонтов от загрязнения ослабевает. Коэффициент корреляции снижается до -0,02. В некоторых биотопах (устье р. Иле, зал. Майтан, Бозарал в Западном Балхаше, около о. Ультарахты и Коржун, зал. Майкамыс, Сарыкамыс – в Восточном Балхаше) наблюдается даже слабая положительная корреляционная связь с коэффициентами +0,40...+0,53.

Доминирующим фактором в формировании биомассы бентосных организмов в незагрязненных районах водоема выступает гранулометрический состав донных отложений. На обедненных песчаных биотопах с

содержанием органики 10...30 г/кг, обитают полихеты и корофииды с низкой биомассой в пределах 0,38 г/м<sup>2</sup>. На илистых субстратах вдоль южного побережья Западного Балхаша, с высоким содержанием органики 50...90 г/кг, формируется богатая кормовая база. На этих биотопах отмечается массовое развитие моллюска монодакна с биомассой 25,28 г/м<sup>2</sup>, а также мизид и креветок с биомассой 3,0...4,2 г/м<sup>2</sup> (рис. 3).

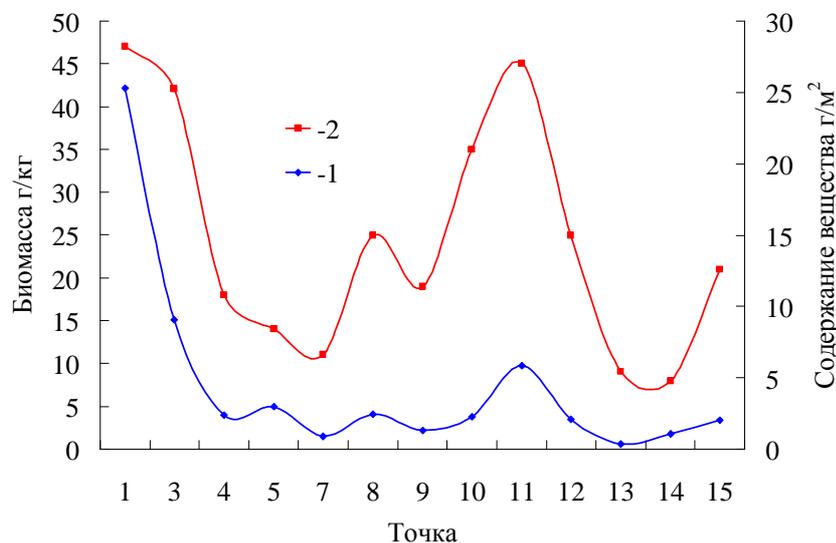


Рис. 3. Зависимость биомассы (2) зообентоса от содержания в грунте органического вещества (1).

Таким образом, видовой состав и количественное развитие бентофауны оз. Балхаш зависят как от воздействия промышленного загрязнения биотопов тяжелыми металлами, так и от естественного состояния биоценозов, а именно гранулометрического состава грунтов и наличия органики в них.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьева А.Н., Воробьева Н.Б. Влияние тяжелых металлов на количественное развитие макрозообентоса оз. Балхаш в зоне действия выбросов ПО «Балхашцветмет» // Проблемы биогеохимии и геохимическая экология. – Семей: Тенгри, 2012. – № 2 (19). – С. 44-50.
2. Асылбекова С.Ж., Искеков К.Б., Лопарёва Т.Я., Анурьева А.Н. Влияние воздушных выбросов промышленного комплекса ПО «Балхашцветмет» на биоценозы озера Балхаш // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 7-14.

3. Асылбекова С.Ж., Лопарева Т.Я., Воробьева Н.Б., Анурьева А.Н., Садырбаева Н.Н., Пономарева Л.П. Влияние техногенного загрязнения на эколого-биологическое состояние оз. Балхаш // Науч. тр. Южно-Казахстан. гос. ун-та им. М. Ауэзова. – 2010. – № 3 (21). – С. 20-26.
4. Воробьева Н.Б. Влияние антропогенных факторов на кормовую базу оз. Балхаш // Прогноз комплексного и рационального использования природных ресурсов, их охрана и перспективы развития производительных сил бассейна оз. Балхаш в период до 1990...2000 гг. – Алма-Ата: Наука, 1983. – С. 202-203.
5. Крупа Е.Г., Цой В.Н., Лопарёва Т.Я., Пономарёва Л.П., Анурьева А.Н., Садырбаева Н.Н., Асылбекова С.Ж., Исбеков К.Б. Многолетняя динамика гидробионтов озера Балхаш и ее связь с факторами среды // Вестник Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 85-95.
6. Методическое пособие при гидробиологических исследованиях водоемов Казахстана (планктон, зообентос). – Алматы, 2006. – 27 с.
7. Спектрометрическое определение тяжелых металлов в объектах окружающей среды, пищевых продуктах и биологических материалах (Методические указания). – Алматы, 1999. – 41 с.

Поступила 25.05.2015

А.Н. Анурьева  
 Геогр. ғылымд. канд. Т.Я. Лопарева

### **БАЛҚАШ КӨЛІНІҢ МИКРОЭЛЕМЕНТТЕРМЕН БИОТТАРДЫҢ ЗАЛАЛДАНУЫНДАҒЫ ОРГАНИЗМДЕРДІҢ БИОМАССАСЫНЫҢ КОРРЕЛЯЦИОНДЫ ТӘУЕЛДІЛІГІ**

#### **Хаттама 1. Түптің микроэлементтермен залалдануы сандық өсімге бентосты одақтың әсері**

*Мақалада ұсынылып отырған мәліметтер Балқаш көлінің бентосты биомассаға корреляционды тәуелділігі және субстратты ауыр металдардан залалдануы туралы ақпаратталады. Зерттеу нәтижелері бойынша көрсеткендей, бентофаунаың сапалы құрамы мен сандық өсімінің жетілуі антропогенді биотоптар мен микроэлементтерге және биоценоздың жағдайына тәуелді (гранулометриялық грунттың құрамымен оның органикасы)*